The 20th Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand

18-20 October 2006 , Mandarin Golden Valley Hotel & Resort Khao Yai , Nakhon Ratchasima

ETM037

การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากถ่านไม้ยางพาราและถ่านซังข้าวโพดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน

Solid Fuel Producing from Rubber Wood Char and Corn-Cob Char by Extrusion Technique Using Paste as Binder

ฐานิตย์ เมธิยานนท์[1,*] ประสาน สถิตย์เรืองศักดิ์[2] สราวุฒิ สังวรกาญจน์[3] และ สมชาติ โสภณรณฤทธิ์[4]

[1,2,3] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร 51 ถ.เชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530 โทร 02-9883655 ต่อ 241 E-mail: thanid_m@yahoo.com[1], Prasan_mut@yahoo.com[2]

[3]อาจารย์ คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 91 ถ.ประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10400 โทร 02-4708693-9 ext. 111 E-mail: somchart.sop@kmutt.ac.th[3]

Thanid Madhiyanon[1,*], Prasan Sathitruangsak[2] Sarawut Sungworagan[3]

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of Technology, 51 Cheum-Sampan Road, Nong-Chok, Bangkok 10530, Tel: 02-9883655 ext. 241 E-mail: thanid_m@yahoo.com[1] Prasan_mut@yahoo.com[2]

Somchart Soponronnarit[4]

School of Energy and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi

91 Prachauthit Road, Bangmod, Thung Kharu District, Bangkok 10140 Tel: 02-4708693-9 ext.111, E-mail: somchart.sop@kmutt.ac.th[4]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือศึกษาการผลิตแท่งเชื้อเพลิงอัดแท่งด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็น โดยใช้ผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบ และใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน ในสัดส่วนผงแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักวัตถุดิบที่ 8:100 10:100 และ 12:100 ซึ่งศึกษาถึงผลของสัดส่วนตัวประสานที่มีต่อการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ จากการทดลองพบว่าอัตราการผลิต และค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลัง ในขณะที่การใช้พลังงานจำเพาะในการอัดรีด การต้านทานแรงกดและความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงจะแปรผันกับสัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลัง โดยอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดซึ่งคิดที่ปริมาณความชื้น 10% d.b. พบว่ามีค่าในช่วง 3.2–4.2 kg/min การต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าในช่วง 0.98–1.55 MPa ซึ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้เชิงพาณิชย์ที่ 0.375 MPa ส่วนพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดแท่งเชื้อเพลิงของวัตถุดิบทั้งสองชนิดมีค่าน้อยมากในทุกสัดส่วน

คำสำคัญ: เชื้อเพลิงอัดแท่ง/ซังข้าวโพด/ไม้ยางพารา/เอ็กซ์ทรูชัน

Abstract

The objective of this research is a study of solid fuel producing by cold extrusion technique. Crushed chars of corn-cop and rubber wood were used as raw material and cassava paste was used as adhesive with varied cassava starch ratios of 8:100, 10:100, and 12:100. All investigation of adhesive mixing ratios affected to output and physical properties of extruded fuel. The result shows that the output and heating value of extruded fuel were increased with increasing of starch mixing ratio while the density, compressive strength, and specific energy consumption of extruded fuel were decreased. The fuel production rate of both raw materials were in range of 3.2 - 4.2 kg/min (estimated at 10% d.b.) and compressive strengths were 0.98 – 1.55 MPa which higher than acceptable commercial value (0.375 MPa). Regarding to electrical energy consumptions of both raw materials were insignificance.

Keywords: Corn-cob/Extrusion/Rubber wood/Solid fuel

*Corresponding author

1. บทนำ

ปัจจุบันการเจริญเติบโตทางภาคอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ความต้องการการใช้พลังงานมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานความร้อนซึ่งส่วนใหญ่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลจำพวกน้ำมันเตาที่มีราคาแพงเป็นหลัก แต่ทั้งนี้โรงงานอุตสาหกรรมบางพื้นที่ได้หลีกเลี่ยงการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยนำวัสดุที่เหลือใช้จากกระบวนการผลิตหรือเศษวัสดุที่เหลือใช้จากการเกษตรในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น แกลบ ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด หรือ กะลามะพร้าว เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงโดยเฉพาะทางภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งวิธีการนำเชื้อเพลิงเหล่านี้ไปใช้ที่สะดวกที่สุดคือ การนำไปใช้เผาไหม้โดยตรง สำหรับการใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิงทางภาคใต้นั้นจะเหลือเศษถ่านจากการเผาไหม้ขนาด 15-20 mm. เป็นจำนวนมาก (ประมาณ 15-20 ตันต่อวัน) ซึ่งมีศักยภาพที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ส่วนเชื้อเพลิงชีวมวลดังที่กล่าวข้างต้นที่มีศักยภาพในการนำไปใช้งานในปัจจุบัน คือซังข้าวโพดเพราะมีปริมาณสัดส่วนของการนำไปใช้ค่อนข้างน้อย [1] ในการนำเชื้อเพลิงเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์อีกวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมคือการแปรรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงเพื่อสะดวกในการขนส่งและเก็บรักษา สำหรับวิธีการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงที่ได้รับการนิยมมีด้วยกันสองวิธีคือ การอัดด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชัน และการอัดด้วยไฮดรอลิก ซึ่งในกระบวนการอัดรีดด้วยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันจะสามารถอัดได้อย่างต่อเนื่อง และสามารถทำได้สะดวกกว่าการอัดด้วยไฮดรอลิก สำหรับกระบวนการเอ็กซ์ทรูชัน สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ [2,3] คือ กระบวนการอัดรีดร้อนและกระบวนการอัดรีดเย็น โดยกระบวนการอัดรีดร้อนจะใช้กับวัตถุดิบที่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบ เช่น ขี้เลื่อย แกลบ เป็นต้น ซึ่งการให้ความร้อนระหว่างกระบวนการอัดรีด จะทำให้ลิกนินที่มีอยู่ในวัตถุดิบละลายออกมา และยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง [4,5,6] แต่ในกระบวนการอัดรีดเย็นนั้นไม่ต้องการความร้อนในระหว่างการอัด แต่จะต้องใช้ตัวประสานเพื่อทำหน้าที่ยึดเกาะวัตถุดิบให้คงรูปขณะขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง โดยจากการทดลองที่ผ่านมาของฐานิตย์และคณะ [7] ซึ่งทำการทดลองผลิตเชื้อเพลิงแท่งแข็งจากขี้เลื่อยด้วยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันแบบรีดร้อน โดยใช้ขดลวดความร้อนเป็นตัวให้ความร้อน ซึ่งพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงต่ำและใช้พลังงานจำเพาะสูงรวมถึงมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้กระบวนการอัดรีดเย็นในการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ เช่น กะลามะพร้าว [2,3] ถ่านหินแอนทราไซท์ [8] กะลาปาล์ม [9] สำหรับตัวประสานที่มีการใช้ในกระบวนการอัดรีดเย็นมีด้วยกันหลายชนิดเช่น โมลาส [2,10,11] ฟางข้าวหมัก [3,12] แป้งเปียก [13] แอสฟัลต์ [14] เป็นต้น ซึ่งตัวประสานแต่ละชนิดจะให้สมบัติในการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยโมลาสจะให้ความแข็งแรงกับแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เป็นอย่างดีและไม่มีควันเมื่อนำไปเผาไหม้ [10,11] แต่มีราคาสูง ในขณะที่แป้งเปียกสามารถให้ความแข็งแรงได้ในระดับที่ยอมรับได้และมีราคาถูก ค่าความแข็งแรงต่ำสุดของแท่งเชื้อเพลิงที่ยอมรับในเชิงพาณิชย์คือ 0.375 MPa [15]

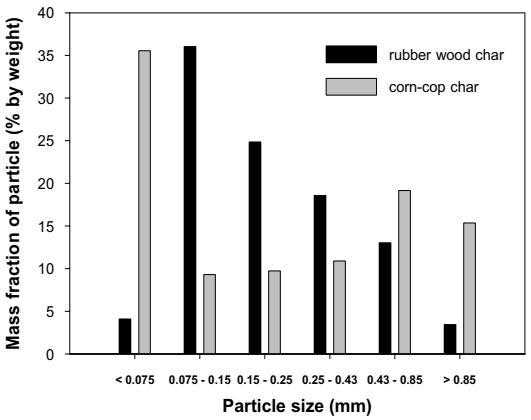
จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นจึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากผงถ่านไม้ยางพาราและผงถ่านซังข้าวโพดโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยจะศึกษาถึงผลของประมาณสัดส่วนตัวประสานที่ส่งผลต่อการผลิตแท่งเชื้อเพลิงและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เช่น ความหนาแน่น การต้านทานแรงกด และค่าความร้อน

2. วัตถุดิบในการทดลองและการทดลอง

2.1 วัตถุดิบในการทดลอง

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองผลิตเป็นแท่งเชื้อเพลิงในงานวิจัยนี้คือผงถ่านไม้ยางพาราและผงถ่านซังข้าวโพด ซึ่งผงถ่านไม้ยางพาราได้จากการนำเศษถ่านไม้ยางพาราที่เหลือจากการเผาฟืนในหม้อไอน้ำไปทำการบดให้เป็นผง ส่วนผงถ่านซังข้าวโพดได้จากการนำซังข้าวโพดไปทำการเผาให้เป็นถ่านก่อนทำการบด โดยการบดจะใช้เครื่องบดแบบค้อนเหวี่ยง (hammer mill) ซึ่งลักษณะของผงถ่านไม้ยางพาราและผงถ่านซังข้าวโพดที่ผ่านการบดจะมีลักษณะคล้ายกันดังรูปที่ 1 ส่วนการกระจายขนาดของผงถ่านทั้งสองชนิดซึ่งทดสอบโดยการนำไปทำการร่อนด้วยเครื่อง sieve analysis พบว่ามีค่าในช่วง 0.075-0.85 mm. ดังรูปที่ 2 ส่วนแป้งเปียกที่ใช้เป็นตัวประสานมาจากการนำแป้งมันสำปะหลังไปละลายในน้ำร้อน ซึ่งสัดส่วนการผสมแป้งเปียกจะขึ้นกับเงื่อนไขที่ทำการทดลองซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยที่ผ่านมา [16]

รูปที่ 1 ลักษณะผงถ่านวัตถุดิบที่ผ่านการบด



รูปที่ 2 การกระจายขนาดของผงถ่านไม้ยางพาราและผงถ่านซังข้าวโพดหลังการบด

2.2 การทดลอง

2.2.1 อุปกรณ์การทดลอง

ในการทดลองการอัดแท่งเชื้อเพลิงจากผงถ่านไม้ยางพาราและผงถ่านซังข้าวโพดที่เงื่อนไขต่าง ๆ จะใช้อุปกรณ์ในการทดลองดังนี้

1. เครื่องอัดรีดแท่งเชื้อเพลิงแข็ง
2. นาฬิกาจับเวลา
3. ตาชั่งน้ำหนักความละเอียด ± 20 g
4. แคลมป์มิเตอร์ซึ่งมีความแม่นยำ ± 0.2 แอมแปร์
5. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
6. เครื่องบดย่อยวัตถุดิบ
7. เครื่องทดสอบค่าการต้านทานแรงกด (UTM)
8. เครื่องทดสอบค่าความร้อน (Bomb Calorimeter)
9. สารละลายที่ใช้ทดสอบค่าความหนาแน่น

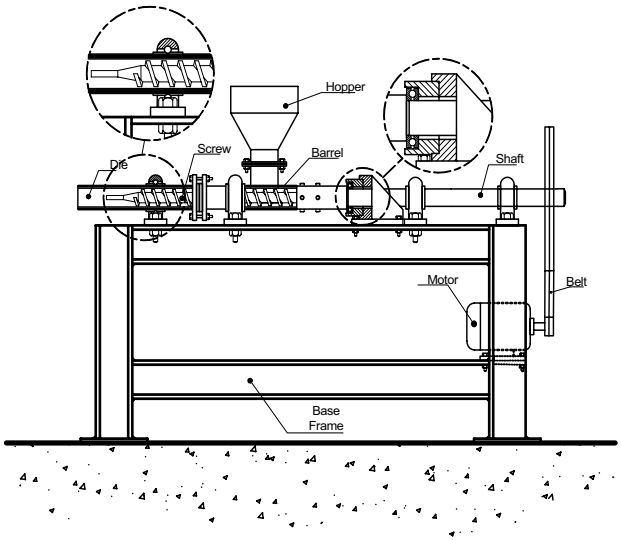
2.2.2 เงื่อนไขการทดลอง

เงื่อนไขการทดลองการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะใช้ผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านไม้ยางพาราเป็นวัตถุดิบและใช้ความเร็วรอบของสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 400 รอบต่อนาที โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งเชื้อเพลิงที่ทำการผลิตคือ 42 mm. ซึ่งในการทดลองจะปรับเปลี่ยนสัดส่วนการผสมแป้งเปียกต่อน้ำหนักของผงถ่านแต่ละชนิดเพื่อศึกษาถึงผลกระทบที่มีต่อการผลิตและสมบัติทางกายภาพของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ โดยสัดส่วนของตัวประสานต่อวัตถุดิบในการทดลองมีดังนี้

1. สัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ 8:100
2. สัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ 10:100
3. สัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักของวัตถุดิบ 12:100

2.2.3 วิธีการทดลอง

เครื่องอัดรีดเชื้อเพลิงโดยเทคนิคเอ็กซ์ทรูชันที่ใช้ในการทดลองมีมอเตอร์ขนาด 10 แรงม้าเป็นต้นกำลังขับสกรูดังแสดงไว้ในรูปที่ 3 วิธีการทดลองเริ่มต้นให้นำผงถ่านวัตถุดิบมาผสมกับแป้งมันสำปะหลังที่ละลายในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80-90^{o}C ซึ่งมีปริมาณสัดส่วนน้ำเมื่อเทียบกับผงถ่านวัตถุดิบที่ 80:100 เมื่อผสมวัตถุดิบและตัวประสานแล้วทำการคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นกวนเชิงกล (ไม่ได้จัดแสดงรูปไว้ ณ ที่นี้) เป็นเวลา 15 นาที หลังจากผสมวัตถุดิบเสร็จแล้วนำวัตถุดิบมาอัดเป็นแท่งเชื้อเพลิงโดยเดินเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิง โดยทำการป้อนวัตถุดิบลงในเครื่องผลิตแท่งเชื้อเพลิงซึ่งในระหว่างทำการผลิตแท่งเชื้อเพลิงจะทำการวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ในการอัดแท่งเชื้อเพลิงและวัดอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงของแต่ละเงื่อนไขเพื่อนำไปหาค่าพลังงานที่ใช้ในการอัดรีดจำเพาะ เมื่อผลิตแท่งเชื้อเพลิงได้จะนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้บางส่วนมาทำการบดเพื่อที่จะนำไปหาค่าความชื้นเริ่มต้นของเชื้อเพลิงแต่ละเงื่อนไขที่ทำการทดลอง เมื่อทราบค่าความชื้นเริ่มต้นแล้วนำแท่งเชื้อเพลิงที่อัดได้ที่เหลือจากการหาความชื้นเริ่มต้นมาทำการอบให้เหลือความชื้นประมาณ 10% d.b. (มาตรฐานแห้ง) ซึ่งใกล้เคียงกับค่าความชื้นสมดุลของแท่งเชื้อเพลิง จากนั้นนำแท่งเชื้อเพลิงหลังการอบแล้วไปทำการตัดเป็นชิ้นงานเพื่อทดสอบสมบัติค่าการต้านทานแรงกด ค่าความหนาแน่น ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง

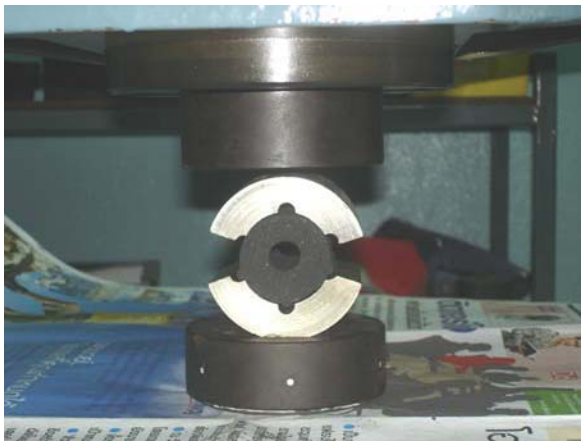


รูปที่ 3 ลักษณะของเครื่องอัดรีดแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย

3. ผลการทดลอง

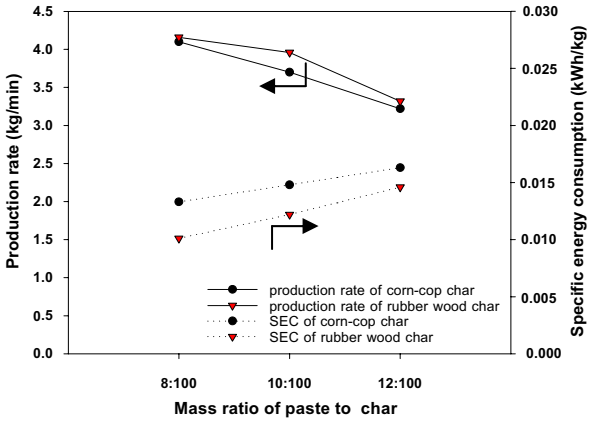
จากการทดลองผลิตแท่งเชื้อเพลิงจากผงถ่านไม้ยางพาราและผงถ่านซังข้าวโพดโดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสานในงานวิจัยจะมีลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ดังรูปที่ 4 ซึ่งแท่งเชื้อเพลิงหลังผ่านการอบจนได้ความชื้นตามต้องการแล้วจะนำมาตัดเพื่อให้ได้ขนาดเพื่อทดสอบการต้านทานแรงกดด้วยเครื่อง UTM ซึ่งมีลักษณะของการวางชิ้นงานทดสอบแสดงดังรูปที่ 5 โดยจะสร้างตัวรองรับน้ำหนักกดเพื่อกระจายแรงกดให้ทั่วพื้นที่ผิวแท่งเชื้อเพลิง สำหรับผลการทดลองต่าง ๆ คือ อัตราการผลิต พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการผลิต ความหนาแน่น ค่าการต้านทานแรงกดและค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะแสดงดังรูปที่ 6 – 8 นอกจากนี้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัยนี้ได้นำไปทดสอบการเผาไหม้จริงภายในเตาซึ่งพบว่าเชื้อเพลิงสามารถคงลักษณะการเป็นแท่งเชื้อเพลิงได้ตลอดการเผาไหม้ โดยมีระยะเวลาในการเผาไหม้ประมาณ 1 – 1.5 ชั่วโมง ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผงถ่านซังข้าวโพดจะมีปริมาณเถ้าเกิดขึ้นขณะการเผาไหม้มากกว่ากรณีของผงถ่านไม้ยางพารา

รูปที่ 4 ลักษณะของแท่งเชื้อเพลิงจากถ่านไม้ยางพาราที่ผลิตได้



รูปที่ 5 การวางแท่งเชื้อเพลิงในการทดสอบการต้านทานแรงกด

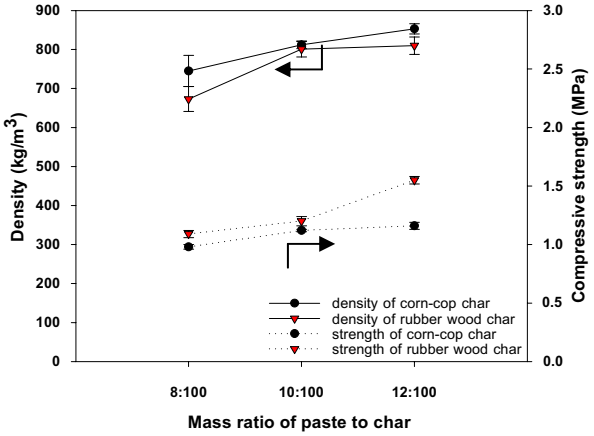
3.1 อัตราการผลิตและการใช้พลังงานจำเพาะในการขึ้นรูป



รูปที่ 6 อัตราการผลิตและการใช้พลังงานจำเพาะในการขึ้นรูปเชื้อเพลิง

รูปที่ 6 แสดงอัตราการผลิตที่ได้และพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิง ที่ได้จากผงถ่านซังขาวโพดและผงถ่านไม้ยางพารา โดยใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน พบว่าการเพิ่มสัดส่วนการผสมผงแป้งต่อน้ำหนักวัตถุดิบ ส่งผลให้อัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงลดลงเพราะแป้งเปียกจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วนของผงแป้งที่ทำการผสม ซึ่งเมื่อนำไปผสมกับวัตถุดิบเพื่อทำการอัดรีดเป็นแท่งเชื้อเพลิงก็จะส่งผลให้ความเสียดทานระหว่างผิวของแท่งเชื้อเพลิงและผิวของแม่พิมพ์เพิ่มมากขึ้น ทำให้แท่งเชื้อเพลิงไหลออกจากแม่พิมพ์ได้ช้าและทำให้อัตราการผลิตลดลง โดยพบว่าอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงของวัตถุดิบทั้งสองชนิดซึ่งคิดที่ปริมาณความชื้นในแท่งเชื้อเพลิงที่ 10% d.b และขนาดแม่พิมพ์ที่ 42 mm. มีค่าใกล้เคียงกันในช่วงประมาณ 3.2–4.2 kg/min โดยอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงสูงสุดอยู่ที่สัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลังต่อวัตถุดิบที่ 8:100 ในกรณีซังข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 4.10 kg/min สำหรับถ่านไม้ยางพาราเท่ากับ 4.16 kg/min ส่วนอัตราการผลิตน้อยสุดที่สัดส่วนการผสมผงแป้งมันที่สัดส่วน 12:100 โดยกรณีผงถ่านซังข้าวโพดมีค่า 3.22 kg/min และผงถ่านไม้ยางพารามีค่า 3.32 kg/min ในส่วนของพลังงานจำเพาะในการอัดขึ้นรูปจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสมผงแป้งมัน โดยพบว่าพลังงานจำเพาะในการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงของวัตถุดิบทั้งสองชนิดมีค่าน้อย โดยกรณีของซังข้าวโพดมีค่าระหว่าง 0.013 – 0.016 kW.h/kg และกรณีของถ่านไม้ยางพารามีค่าระหว่าง 0.010 – 0.015 kW.h/kg

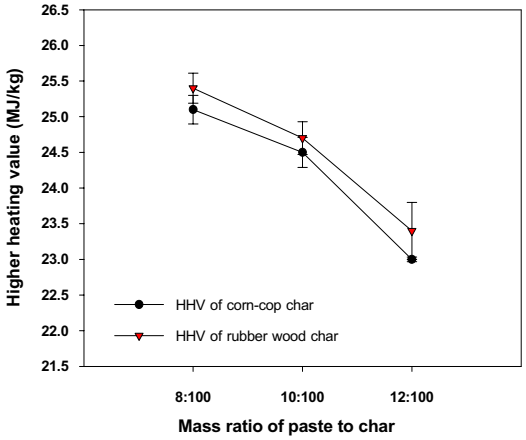
3.2 ความหนาแน่นและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง



รูปที่ 7 ความหนาแน่นและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง

รูปที่ 7 แสดงความหนาแน่นและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง ที่อัตราส่วนผสมผงแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักวัตถุดิบ จากการทดลองพบว่าการเพิ่มสัดส่วนผงแป้งมันจะส่งผลให้ความหนาแน่นและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น เพราะคาดว่าปริมาณผงแป้งมันที่ผสมนั้นมีค่าความหนาแน่นมากกว่าความหนาแน่นปรากฏ (bulk density) ของวัตถุดิบแต่ละชนิด ซึ่งเมื่อผสมในสัดส่วนมากขึ้นจะทำให้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ปริมาณของผงแป้งมันที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้อนุภาคของผงแป้งมีโอกาสยึดเกาะกับอนุภาคของวัตถุดิบได้มากขึ้นทำให้การยึดเกาะกันระหว่างอนุภาคของวัตถุดิบเพิ่มขึ้นส่งผลให้แท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้มีความแข็งแรงเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองที่ว่าการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนตัวประสาน [2,3,6,17] โดยพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผงถ่านไม้ยางพารามีการต้านทานแรงกดสูงกว่าที่กรณีของผงถ่านซังข้าวโพด ซึ่งคาดว่าเพราะปริมาณน้ำ(ความชื้นในวัตถุดิบ) ที่มีมากทำให้แป้งเปียกสามารถแพร่กระจายไปสัมผัสกับอนุภาคของผงถ่านไม้ยางพาราได้ทั่วถึงจึงทำให้ยึดเกาะได้ดี การต้านทานแรงกดสูงสุดของผงถ่านไม้ยางพาราเท่ากับ 1.55 MPa และ 1.16 MPa ในกรณีผงถ่านซังข้าวโพด โดยการต้านทานแรงสูงกว่าค่าที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ซึ่งมีค่าเพียง 0.375 MPa [15] ส่วนความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดมีความต่างกัน โดยกรณีผงถ่านซังข้าวโพดมีค่าสูงกว่านั้นคาดว่าเป็นเพราะขนาดอนุภาคผงถ่านซังข้าวโพดเล็กกว่าผงถ่านไม้ยางพารา ดังรูปที่ 3 ทำให้ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีน้อยจึงมีความหนาแน่นสูง ประกอบกับปริมาณน้ำในผงถ่านไม้ยางพาราที่มากกว่าซึ่งเมื่อผ่านการอบก็จะมีช่องว่างระหว่างอนุภาคผงถ่านมากขึ้น โดยความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ระดับความชื้น 10% d.b. มีค่าระหว่าง 745 – 853 kg/m³ ในกรณีผงถ่านซังข้าวโพด และกรณีถ่านไม้ยางพารามีค่าระหว่าง 673 – 810 kg/m³

3.3 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิง



รูปที่ 8 ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ในงานวิจัย

รูปที่ 8 แสดงค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่เปลี่ยนตามสัดส่วนการผสมผงแป้งมันสำปะหลัง โดยจากการทดลองพบว่าค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากวัตถุดิบทั้งสองชนิดนั้นจะแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมผงแป้งต่อน้ำหนักวัตถุดิบ เพราะค่าความร้อนของผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านไม้ยางพารามีค่ามากกว่าผงแป้งมัน ซึ่งหากผสมผงแป้งมันในสัดส่วนที่มากขึ้นทำให้ค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ลดลงตามสัดส่วนการผสมผงแป้งมันต่อน้ำหนักวัตถุดิบ เมื่อเปรียบเทียบค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากวัตถุดิบแต่ละชนิดพบว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผงถ่านไม้ยางพาราจะให้ค่าความร้อนที่สูงกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากผงถ่านซังข้าวโพด ซึ่งคาดว่าเป็นค่าความร้อนของผงถ่านไม้ยางพารามีค่ามากกว่าผงถ่านซังข้าวโพด และสอดคล้องกับผลที่ได้การสังเกตเมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากวัตถุดิบทั้งสองชนิดไปทดลองเผาซึ่งพบว่ากรณีของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผงถ่านซังข้าวโพดจะมีปริมาณเถ้าเกิดขึ้นมากกว่าผงถ่านไม้ยางพารา โดยค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงหลังการอบได้ความชื้นที่ 10% d.b. มีค่าระหว่าง 23.0–25.2 MJ/kg ในกรณีของผงถ่านซังข้าวโพด ส่วนกรณีของถ่านไม้ยางพารามีค่าระหว่าง 23.4 – 25.4 MJ/kg

4. สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงแข็งอัดแท่งจากผงถ่านซังข้าวโพดและผงถ่านไม้ยางพาราโดยกระบวนการเอ็กซ์ทรูชันแบบอัดรีดเย็นซึ่งใช้แป้งเปียกเป็นตัวประสาน โดยปรับเปลี่ยนสัดส่วนผงแป้งมันสำปะหลังต่อน้ำหนักของวัตถุดิบที่ 8:100 10:100 และ 12:100 ผสมกับน้ำในสัดส่วน 80:100 เมื่อเทียบกับปริมาณวัตถุดิบ โดยจากการทดลองที่ความเร็วรอบของสกรูอัดแท่งเชื้อเพลิงที่ 400 รอบต่อนาทีใช้แม่พิมพ์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 42 mm. พบว่าอัตราการผลิตและค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงแปรผกผันกับสัดส่วนการผสมผงแป้งมันต่อน้ำหนักวัตถุดิบ ในขณะที่ความหนาแน่นและการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิง รวมทั้งพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการอัดรีดจะแปรผันตรงกับสัดส่วนการผสมผงแป้งมัน โดยอัตราการผลิตแท่งเชื้อเพลิงซึ่งคิดที่ปริมาณความชื้น 10% d.b. พบว่ากรณีการใช้ผงถ่านซังข้าวโพดเป็นวัตถุดิบมีค่าในช่วง 3.20 – 4.1 kg/min และ 3.32 – 4.16 kg/min สำหรับกรณีของผงถ่านไม้ยางพารา นอกจากนี้ความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากผงถ่านไม้ยางพารามีค่าต่ำกว่าแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผงถ่านซังข้าวโพด แต่การต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากผงถ่านไม้ยางพาราให้ค่าที่สูงกว่ากรณีผงถ่านซังข้าวโพด โดยความหนาแน่นของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผงถ่านไม้ยางพารามีค่าในช่วง 673 – 810 kg/m³ และ 745 – 853 kg/m³ สำหรับกรณีของผงถ่านซังข้าวโพด ส่วนการต้านทานแรงกดของแท่งเชื้อเพลิงทั้งสองคือกรณีผงถ่านไม้ยางพารามีค่า 1.09 – 1.55 MPa และ 0.98 – 1.16 MPa สำหรับกรณีผงถ่านซังข้าวโพด ซึ่งจะพบว่าค่าการต้านทานแรงกดของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดนี้สูงกว่าค่าต่ำสุดที่ยอมรับได้ในเชิงพาณิชย์ที่ 0.375 MPa สำหรับค่าความร้อนของแท่งเชื้อเพลิงจะมีค่าลดลงตามสัดส่วนของผงแป้งมันที่เพิ่มขึ้นโดยกรณีที่ผลิตจากผงถ่านไม้ยางพาราจะมีค่าสูงกว่าที่ผลิตจากผงถ่านซังข้าวโพดเล็กน้อยโดยมีค่าในช่วง 23.0 – 25.5 MJ/kg ส่วนพลังงานจำเพาะในการอัดรีดของวัตถุดิบทั้งสองชนิดมีค่าน้อยมาก โดยกรณีของผงถ่านซังข้าวโพดมีค่าระหว่าง 0.013 – 0.016 kW.h/kg และกรณีของผงถ่านไม้ยางพารามีค่าในช่วง 0.010 – 0.015 kW.h/kg ระยะเวลาในการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดมีค่าประมาณ 1.0 – 1.5 ชั่วโมง โดยกรณีของแท่งเชื้อเพลิงที่ผลิตได้จากผงถ่านซังข้าวโพดจะมีปริมาณเถ้าที่มากกว่ากรณีของผงถ่านไม้ยางพารา

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้การสนับสนุนเงินทุนวิจัย นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในการช่วยเก็บข้อมูลการทดลอง และขอบคุณกองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรที่เอื้อเฟื้อเครื่องบดย่อยวัสดุเพื่อใช้ในการบดถ่านไม้ยางพาราในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] การส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวลของประเทศไทย, วารสารนโยบายพลังงาน ฉบับที่ 55 ม.ค. - มี.ค.2545

[2] Sathitruangsak, P., Madhiyanon, T. and Soponronnarit, S. 2004. Briquette fuel producing from coconut shell by extrusion technique using molass as binder , the18th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Khon Khean University, Khon Khean.

[3] Madhiyanon, T., Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2004. A study of influences of binder treated from wheat straw on physical properties of fuel briquette, the18th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Khon Khean University, Khon Khean.

[4] Reineke, L.H. 1964. Briquets from wood resdidue. U.S. Forest service research note. FPL-075

[5] Bhattacharya, S.C., Augustus Leon, M. and Mizanur Rahman Md. 2002. A study on improved biomass briquetting. Energy for Sustainable Development, 6 (2): 67-71

[6] Madhiyanon, T., Bingam, M. and Soponronnarit, S. 2003. Solid Fuel Producing From Sawdust by Extrusion Technique, the17th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, King mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Prachinburi.

[7] Granada, E., Gonzalez, L.M., Miguez, J.L. and Moran, J. 2002. Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. Renewable energy, 27: 561-573

[8] Madhiyanon, T., Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2005. Study of Solid Fuel Produced from Ground Anthracite by Extrusion Technique, the18th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand, Prince of Songkhla University, Phuket.

[9] Husain, Z., Zainac Z. and Abdullah, M.Z. 2002. Briquetting of palm fiber and shell from the processing of palm nuts to palm oil. B Bioenergy., 22(10) : 505-509

[10] Blesa, M.J., Miranda, J. L., Izquierdo, M. T. and Moliner, R. 2003.Curing temperature effect on mechanical strength of smokeless fuel briquettes. Fuel Processing Technology. 82: 943-947

[11] Mayoral, M.C., Izquierdo, M.T., Blesa, M.J., Andres, J.M., Rubio B. and Miranda, J.L. 2001. DSC study of curing in smokeless briquetting. Thermochimica Acta., 371: 41-44.

[12] Zhang, X., Xu, D., XU, Z., and Cheng, Q. 2001. The effect of different treatment condition on binder preparation for lignite briquette**.** Fuel Processing Technology., 73: 185-196.

[13] Debduobi, A., El amati, A. and Colacio, E. 2004. Production of fuel briquettes from esparto partially pyrolyzed. Energy conversion and management, 46(11-12):1877-1884

[14] Paul, S.A., Hull, A.S., Plancher, H. and Agarwal, P.K. 2002. Use Asphalts for formcoke briquettes, Fuel Processing Technology., 76: 211-230.

[15] S.R. Richards, 1989, "Physical of Fuel Briquettes", Fuel Processing Technology [Electronic], Vol.25, pp. 89-100

[16] Madhiyanon, T., Sathitruangsak, P. and Soponronnarit, S. 2006. Solid Fuel Producing From Rubber Wood Char by Extrusion Technique Using Paste as Binder, the 2nd Conference on Energy Network of Thailand, Suranaree University, Nakornrachasima.

[17] Rubio, B., Izquierdo, M.T. and Segura, E. 1999. Effect of binder addition on the mechanical and physicochemical properties of low rank char briquettes. Carbon, 37:1833-18411